



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 03 832 A 1**

⑲ Aktenzeichen: 197 03 832.8  
⑳ Anmeldetag: 1. 2. 97  
㉑ Offenlegungstag: 6. 8. 98

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 P 3/483**  
G 01 P 15/125  
G 01 P 3/488  
G 01 D 11/02  
B 60 B 27/00  
// B60K 28/16, B60G  
17/00, B60T 8/32

㉒ Anmelder:  
FAG Automobiltechnik AG, 97421 Schweinfurt, DE

㉓ Erfinder:  
Binder, Josef, Prof. Dr.rer.nat., 28359 Bremen, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

DE 1 96 12 825 A1  
DE 1 95 19 488 A1  
DE 44 11 130 A1  
DE 43 22 897 A1  
DE 42 39 828 A1  
DE 37 35 070 A1  
EP 04 32 122 A2

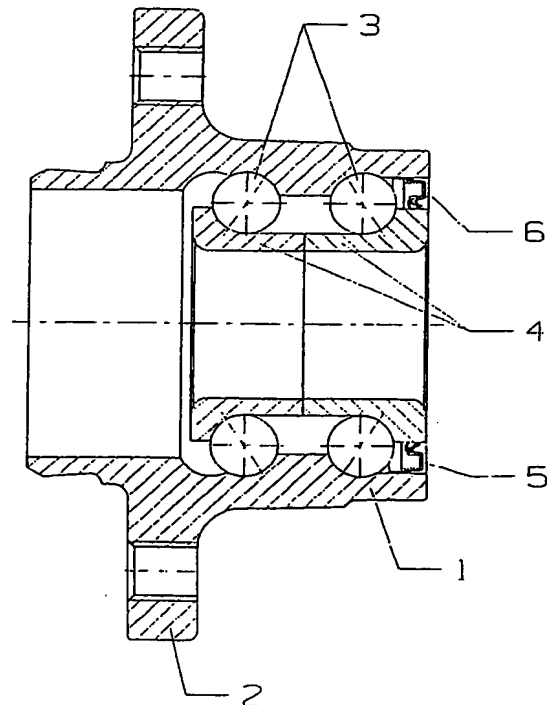
Elektronik 13/1995, S. 34, 36;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Wälzlager, insbesondere Radlager für Kraftfahrzeuge

⑤⑦ Um bei einem Wälzlager, insbesondere Radlager für Kraftfahrzeuge, mit Sensoren zur Erfassung von Raddrehzahl bzw. Radbeschleunigung und Antriebs- und/oder Bremsbeschleunigungen eine direkte Datenerfassung und eine zuverlässige und platz- und kostensparende Erfassung der an den Lagern herrschenden Zustände zu erreichen, wird vorgeschlagen, daß die Sensoren als Mikrosensoren (6) in Form von Kondensatoranordnungen ausgebildet sind, von denen mindestens einer am drehenden Teil (5) des Lagers angebracht ist und dessen Signale mit abgespeicherten Grundmustern oder mit Signalen eines gleichartigen oder ähnlichen am stehenden Teil des Lagers angeordneten Mikrosensors (6') verglichen und/oder ausgewertet werden.



DE 197 03 832 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Wälzlager nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Wälzlager mit Sensoren sind in vielen Ausführungen bekannt, so zeigt die DE 37 35 070 A1 ein Wälzlager mit Impulsring zur Drehzahlfassung. Die EP 0 432 122 A3 zeigt eine Radlagerung für Kraftfahrzeuge mit einer Kraftmeßeinrichtung. Aus der DE 42 39 828 A1 ist eine Naben- und Lageranordnung mit integriertem Drehsensor und Temperaturmessung bekannt.

Zur aktiven Fahrzeugstabilisierung eines Automobils ist eine Vielzahl von Parametern zu erfassen, die den augenblicklichen Zustand des Fahrzeuges beschreiben und als Eingangsparameter für Regelsysteme dienen.

Dabei ist die Messung von direkten Meßgrößen von Vorteil. Zu diesen Größen zählen Brems- und Antriebsbeschleunigungen (Längsbeschleunigungen), die Raddrehzahl, die Winkelbeschleunigung sowie seitliche, auf das Chassis wirkende Beschleunigungen. Das Radlager stellt aufgrund der Kraftübertragung von der Straße auf das Chassis des Fahrzeuges eine ideale Meßstelle zur Erfassung von Kräften und Beschleunigungen dar. Die Messung der Winkelbeschleunigung am rotierenden Teil sowie die der Längsbeschleunigung, die durch Antriebs- oder Bremsvorgänge gegeben ist, ermöglicht eine indirekte Bestimmung des Schlupfes, eine der wichtigen Meßgrößen beim Antiblockiersystem, der Antriebsschlupfregelung und der dynamischen Fahrwerkstabilisierung.

Ein für die Messung der genannten Größen vorgesehenes Sensorsystem kann sowohl in die Radlager der getriebenen Räder als auch der nicht-getriebenen Räder integriert werden und somit als intelligentes Subsystem in das Automobil eingebaut werden.

Im Rahmen von Antiblockier- oder Antriebsschlupfregelsystemen kommen derzeit als sensorische Komponenten passive oder aktive Sensoren zur Messung der Raddrehzahl zum Einsatz. Ferner sind zukünftige integrierte kostengünstige Sensoren für die Gieraternerkennung vorgesehen (siehe Zeitschrift Elektronik 13/1995 Seite 34 und 36), wobei die bei einem Schleudervorgang auftretende Gierate mit dem Lenkradeinschlag verglichen wird.

Die direkte Aufnahme von Lastkollektiven, also z. B. von Kräften im Radlager sowie des Reihwertes Reifen und Fahrbahn konnte bislang nur mit Hilfe teurer Meßsysteme, die an Prototypen zum Einsatz kommen, realisiert werden.

In diesem Zusammenhang ist eine Mehrkomponenten-Radnabe zu erwähnen, wobei Kräfte und Momente mit einer relativ aufwendigen und teuren Dehnungsmessstreifen (DMS-)Applikation verbunden mit aufwendiger Signalverarbeitung und Meßwertübertragung aufgenommen werden.

Bekannt ist auch ein sog. Meßradsystem, welches ebenfalls die im Radlager auftretenden Kräfte indirekt über Kraftmeßdosen auf DMS-Basis mißt.

Anderer Meßsysteme ermöglichen die Messung des Reihwertes zwischen Reifen und Fahrbahn dadurch, daß kleinste Permanentmagnete in den Reifen einvulkanisiert werden und die durch den Brems- oder Beschleunigungsvorgang gegebene Magnetfeldänderung mittels Hallsensoren detektiert wird.

Allen Systemen sind ein hoher Aufwand und somit hohe Kosten gemeinsam, so daß die Anwendung als Serienprodukt nicht in Frage kommt.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Wälzlagers, das zuverlässig die verschiedenen Parameter, welche an dem Lager vorliegen erfaßt und einer Auswertung zugänglich macht, wobei eine platz- und kostengünstige Konstruktion verwirklicht werden soll.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt mit den im kennzeich-

nenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Ansprüchen 2-13 angegeben.

Mit Hilfe des vorgeschlagenen Sensorsystems können im Radlager die Längsbeschleunigung, die Winkelbeschleunigung sowie die Raddrehzahl erfaßt werden. Das System besteht aus Mikrokomponenten, die mit Verfahren der Mikrosystemtechnik kostengünstig hergestellt werden und somit als Serienprodukt in allen 4 Radlagern des Fahrzeuges eingesetzt werden können.

Die Grundidee der Erfindung besteht darin, daß Mikrosensoren in Form von analogen Interdigitalkondensator-Anordnungen im rotierenden Teil des Radlagers und optional im statischen Teil des Radlagers eingebaut werden. Beschleunigungen sowie die Drehzahl wird durch einen Mikrosensor, der am beweglichen Teil des Radlagers (z. B. an der Dichtung) angebracht ist, gemessen. Diese Daten werden mit elektronisch abgespeicherten Grundmustern oder mit einem gleichartigen oder ähnlichen Mikrosensor, der am festen Teil des Radlagers angebracht ist, verglichen. Die Mikrosensoren bestehen aus einer in Mikrotechnologie gefertigten Anordnung von beweglichen Kamstrukturen (Interdigitalstrukturen), die sich lateral und zur lateralen Ebene senkrechten Richtung unter Beschleunigungseinfluß bewegen lassen.

Die Energieversorgung sowie die Signalübertragung soll beim rotierenden System mittels Telemetrie, z. B. durch induktive Kopplung, erfolgen, wobei beim statischen System wahlweise Telemetrie oder Kabelübertragung eingesetzt werden kann. Die induktive Kopplung erfolgt mittels Spulen, die im statischen bzw. rotierenden System aus galvanisch abgeschiedenen und mikrostrukturierten Planarspulen bestehen können.

Durch den Vergleich der Signale von jeweils in 4 Radlagern eingebauten Mikrosensoren mit den Signalen der statischen Mikrosensoren können prinzipiell folgende für Brems-, Antriebsschlupf- und Fahrwerkregelungssysteme relevanten Größen erfaßt werden:

- Raddrehzahl indirekt
- Längsbeschleunigung (Brems- und Antriebsbeschleunigungen)
- Längsbeschleunigung am statischen Teil des Radlagers
- Tangentialbeschleunigung, d. h. Winkelbeschleunigung am rotierenden System
- Durch Vergleich der Längsbeschleunigung mit der Winkelbeschleunigung indirekte Erfassung des Schlupfes
- Querbeschleunigungen

Prinzipiell kann der rotierende Mikrosensor zur Raddrehzahlmessung verwendet werden, wobei dies bis zur Fahrzeuggeschwindigkeit  $v = 0$  prinzipiell möglich ist. Dadurch entfällt der Einsatz passiver und aktiver Magnetfeldsensoren sowie der Einsatz entsprechender passiver und aktiver Encoder.

Der Mikrosensor besteht aus einer Anordnung von Kamstrukturen (Interdigitalstrukturen), die mittels galvanischer Abscheideverfahren und Mikrostrukturierungstechniken auf einem Siliziumchip realisiert sind. Ein Array aus beweglichen mikromechanischen Strukturen zur Erfassung von Beschleunigungen und dessen Herstellungsverfahren sind in der Patentanmeldung P44 11 130.4 beschrieben.

Neuartig ist jedoch der Einsatz dieses Mikrochips innerhalb eines rotierenden Systems im Radlager sowie verschiedene Designvarianten, die die Messung oben genannter Größen erst ermöglichen.

Auf einem ca.  $4 \times 4 \text{ mm}^2$  großen Siliziumchip ist eine zweidimensionale Anordnung von Kammstrukturen, die sich unter Einfluß von Beschleunigungen gegen eine Anordnung fester Kammstrukturen bewegen, integriert (Fig. 3).

Damit entsteht eine Kapazitätsänderung, die den augenblicklichen Zustand des Systems beschreibt. Während eines Brems- oder Beschleunigungsvorganges erzeugen die verschiedenen Phasen ein kontinuierliches Ausgangssignal, das permanent ausgewertet und untereinander verglichen wird.

Die in lateraler Ebene beweglichen Kammstrukturen sind über eine integrierte "seismische Masse" so aufgehängt, daß eine Bewegung senkrecht zur lateralen Ebene möglich ist. Über zwei Gegenelektroden, die auf dem Substrat und auf dem Deckelchip angebracht sind, ist eine Kapazitätsänderung, die den augenblicklichen Zustand des Systems in zur lateralen Ebene senkrechten Richtung beschreibt, abgreifbar.

Dabei sind mehrere Varianten eines Mikrosensors im rotierenden Teil des Radlagers möglich. Variante 1 weist eine dreidimensional bewegliche Interdigitalstruktur und eine Plattenkondensatoranordnung auf, die die Erfassung der Beschleunigungskomponenten in x-, y- und z-Richtung ermöglicht. Damit werden Beschleunigungen des Fahrwerks erfaßt. Dieses System kann in der Mitte der Radnabe oder am statischen Teil des Radlagers appliziert werden, wobei die Signalübertragung mittels einer gegenüber dem Mikrochip angebrachten Mikrospule induktiv erfolgen soll. Variante 2 ist ein Mikrochip innerhalb des rotierenden Systems im Radlager, der verschiedene Beschleunigungskomponenten der Rotationsbewegung aufnimmt. Auf eine lateral (zweidimensional) angeordnete Interdigitalstruktur wirken vier Beschleunigungen, nämlich die Längsbeschleunigung, die Tangentialbeschleunigung (Winkelbeschleunigung), die Radialbeschleunigung (Zentrifugalbeschleunigung) sowie die Erdbeschleunigung.

Durch den Einfluß der bei einem Brems- oder Beschleunigungsvorgang auftretenden Beschleunigungen sind die in sensierender Richtung wirkenden Beschleunigungen durch die vektorielle Addition der Längskomponente und der Erdbeschleunigung überlagert.

Damit sind die folgenden systemspezifischen Vorteile gegeben:

1. Die Drehzahlmessung, die bis zu  $v = 0$  möglich ist, könnte herkömmliche Systeme auf der Basis passiver oder aktiver Magnetfeldsensoren und entsprechende Encoder ersetzen. Damit ergibt sich ein Kosteneinsparungspotential.
2. Die Erfassung der Längsbeschleunigung und Winkelbeschleunigung kann an allen 4 Lagern durchgeführt werden, so daß dadurch eine "indirekte Messung" des Schlupfes möglich ist, ohne daß ein weiterer Mikrosensor im statischen Teil des Radlagers erforderlich wäre.
3. Die Erfassung der Beschleunigungskomponenten in 3 Dimensionen durch den im statischen Bereich des Radlagers oder in der Radnabe eingebauten Beschleunigungssensor ermöglicht eine indirekte Messung der Kraftübertragung zwischen Fahrbahn und Fahrzeug.

Ein Problem bei konzentrischem Einbau des Mikrochips liegt in der Unempfindlichkeit für Winkelbeschleunigung.

Dieses Problem läßt sich durch den Einbau des Chips auf einen Ring (z. B. in der Dichtung) des Radlagers beheben, bei dem aufgrund des großen Abstandes zum Rotationsmittelpunkt die Winkelbeschleunigung um mindestens eine Größenordnung höher ist, als in dem vorher beschriebenen Fall.

An der empfindlichen Anordnung der Kammstrukturen wirken die Längsbeschleunigung, die Tangentialbeschleunigung (Winkelbeschleunigung) sowie die Erdbeschleunigung. Im beschleunigungsfreien Zustand ergibt sich somit wieder ein Grundmuster der Auslenkungen. Längsbeschleunigung, Radialbeschleunigung und Winkelbeschleunigung und Erdbeschleunigung führen zu einer Änderung des Grundmusters. Bedingt durch den Radius des Rings (Einbauort des Mikrosensors), ist die Tangentialbeschleunigung relativ groß, so daß verglichen mit der Längsbeschleunigung und Erdbeschleunigung eine ausreichende Meßgenauigkeit bei der Erfassung der Winkelbeschleunigung vorliegt.

Zur Erhöhung der Genauigkeit und unter dem Aspekt einer möglichst einfachen und kostengünstigen Datenübertragung am Mittelpunkt der Radnabe wird ein analoges System in Form einer Differentialkondensatoranordnung vorgeschlagen.

Diese Variante zeigt einen "spiralenförmigen" Drehkondensator, der ähnlich einer Uhrenmechanik zu Torsionsbewegungen angeregt werden kann. Diese Struktur stellt im Prinzip einen Drehmomentensensor dar, der – appliziert am Mittelpunkt der Radnabe – Winkelbeschleunigungen aufnehmen kann. Der Signalabgriff erfolgt dabei mittels einer Differentialkondensatoranordnung. Die Drehbeschleunigungserfassung ist bei dieser Variante weitgehend unabhängig von der Längsbeschleunigung und der Erdbeschleunigung, zudem ist eine relativ einfache Kompensation vibrationsbedingter Störeffekte möglich.

Grundsätzliche Vorteile des Mikrosensorsystems liegen zum einen in systemspezifischen Vorteilen sowie in technologiebedingten und kostenspezifischen Vorteilen. Zum erstgenannten Bereich zählen die einfache Applizierbarkeit der Mikrosensoren (im Vergleich zu herkömmlichen DMS-Strukturen) sowie der durch das Sensorprinzip bedingte geringe Leistungsverbrauch. Ein bedeutender technologischer und kostenspezifischer Vorteil besteht darin, auf einfache Weise die Interdigitalkondensator-Anordnung, das Auswert-IC, die Telemetrieelektronik und die Mikrospule mittels galvanischer Additivtechnik sogar in einen einzigen Chip zusammenfassen zu können.

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

Es zeigt:

Fig. 1 einen Querschnitt durch ein Wälzlager, das mit einem auf der Dichtung angeordneten Mikrosensor versehen ist.

Fig. 2 die Vorderansicht des Wälzlagers nach Fig. 1.

Fig. 3 die Einzelheit X von Fig. 2, nämlich den Mikrosensor.

Fig. 4 schematisch die Anordnung von Mikrochip und Mikrospule im Nabemittelpunkt.

Fig. 5 das Chip-Design mit den an den Kammstrukturen angreifenden Beschleunigungen.

Fig. 6 das Muster der einwirkenden Beschleunigungen.

Fig. 7 eine Tabelle der Meßgrößen.

Fig. 8 schematisch die Anordnung des Mikrochips auf der Dichtung des Wälzlagers und die Mikrospule.

Fig. 9 das Chip-Design mit den an den Kammstrukturen angreifenden Beschleunigungen bei der in Fig. 8 gezeigten Anordnung.

Fig. 10 das Muster der einwirkenden Beschleunigungen.

Fig. 11 eine Tabelle der Meßgrößen.

Fig. 12 schematisch den Mikrosensor in Form eines Drehkondensators.

In Fig. 1 ist in den Wälzlageraußenring 1 der Radflansch 2 integriert. Der Wälzlageraußenring 1 weist zwei Laufbahnen für die Kugeln 3 auf, die zwischen Außenring und

Wälzlagerinnenring 4 angeordnet sind. Der Wälzlagerinnenring 4 ist bei dieser Ausführung zweiteilig. Am drehenden Außenring ist eine Dichtung 5 befestigt, die einen Mikrosensor 6 trägt.

In Fig. 2 ist die Anordnung der Dichtung 5 und des Mikrosensors 6 auf dem Radlager nochmals dargestellt. Der Mikrosensor 6 kann dabei auf der Dichtung 5 durch Kleben befestigt sein oder er ist in den Dichtwerkstoff einvulkanisiert oder sonstwie am drehenden Lagerring angeordnet.

Aus Fig. 3 ist zu sehen, daß der Mikrosensor aus zwei um 90° versetzten und separat aufgehängten Interdigitalstrukturen besteht. Auf einem Chip können mehrere Interdigitalstrukturen angeordnet sein; diese werden im Rahmen einer Mikroformtechnik und einer galvanischen Abscheidung mit hohem Aspektverhältnis (bis zu 10) hergestellt, so daß damit eine hohe Auflösung möglich ist.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, besitzen die Anbindungen der Kammstrukturrahmen unterschiedliche Elastizitäten, so daß sie auf die angreifenden Beschleunigungen unterschiedlich reagieren und somit spezielle Muster des Ausgangssignals erzeugen, wenn sie unter den Beschleunigungseinfluß geraten. Dieses Ausgangssignal kann mit einem elektronisch gespeicherten Signal verglichen werden oder in Bezug zu einem zweiten Signalmuster gesetzt werden, welches von einem oder mehreren am stehenden Lagerteil angeordneten Mikrosensoren 6' erzeugt wird.

In Fig. 4 ist der Mikrosensor 6 konzentrisch auf einer Radnabe 10 angeordnet, die sich dreht. Die Energieversorgung sowie die Signalübertragung erfolgt durch induktive Kopplung mittels Spulen 11, die z. B. als aus galvanisch abgeschiedenen und mikrostrukturierten Planarspulen ausgebildet sind.

In Fig. 5 sind die an einem Kondensator-Array angreifenden Beschleunigungen dargestellt. Dabei bedeutet  $a_L$  Längsbeschleunigung und  $a_E$  Erdbeschleunigung.

Das Muster der einwirkenden Beschleunigungen zeigt Fig. 6 und eine Tabelle der erfaßten und ausgewerteten Meßgrößen Fig. 7. Damit entsteht ein Meßwert, der den augenblicklichen Zustand des Systems beschreibt. Während eines Brems- oder Beschleunigungsvorgangs erzeugen die verschiedenen Phasen laufend verschiedene Muster, die dann entsprechend ausgewertet werden.

In Fig. 8 ist der Mikrosensor 6 exzentrisch auf einer Radnabe 10 bzw. auf der Dichtung 5 angeordnet, die sich dreht. Die Energieversorgung sowie die Signalübertragung erfolgt wieder durch induktive Kopplung mittels Spulen 11.

In Fig. 9 sind die an einer Kondensator-Anordnung angreifenden Beschleunigungen dargestellt. Dabei bedeutet  $a_r$  Radialbeschleunigung,  $a_L$  Längsbeschleunigung und  $a_t$  Tangentialbeschleunigung.

Das Muster der einwirkenden Beschleunigungen zeigt Fig. 10 und eine Tabelle der erfaßten und ausgewerteten Meßgrößen Fig. 11.

Fig. 12 stellt schematisch den Mikrosensor in Form eines Drehkondensators dar, der ähnlich einer Uhrenmechanik zu Torsionsbewegungen angeregt werden kann und in Galvanik-/Additivtechnik hergestellt ist. Diese Struktur stellt im Prinzip einen Drehbeschleunigungssensor dar, der - appliziert am Mittelpunkt der Radnabe - Winkelbeschleunigungen aufnehmen kann. Der Signalabgriff erfolgt dabei mittels einer Differentialkondensatoranordnung. Die Drehbeschleunigungserfassung ist bei dieser Variante weitgehend unabhängig von der Längsbeschleunigung und der Erdbeschleunigung, zudem ist eine relativ einfache Kompensation vibrationsbedingter Störeffekte möglich.

1. Wälzlager, insbesondere Radlager für Kraftfahrzeuge, mit Sensoren zur Erfassung von Raddrehzahl bzw. Radbeschleunigung und Antriebs- und/oder Bremskräften, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren als Mikrosensoren (6) in Form von parallelen Kondensatoren in Kammstrukturen ausgebildet sind, von denen mindestens einer am drehenden Teil (5) des Lagers angebracht ist und dessen Signale mit (abgespeicherten) Grundmustern oder mit Signalen eines gleichartigen oder ähnlichen am stehenden Teil des Lagers angeordneten Mikrosensors (6') verglichen und/oder ausgewertet werden.
2. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrosensoren (6) aus in Mikrotechnologie gefertigten beweglichen ineinandergreifenden Kammstrukturen (Interdigitalstrukturen) (8) zum kapazitiven Signalabgriff bestehen, deren Überdeckung sich unter Beschleunigungseinfluß verändert.
3. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Kammstrukturen in einem Winkel zueinander so angeordnet sind, daß Beschleunigungen in zwei und mehr Richtungen erfassbar sind.
4. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglichen Träger der Kammstrukturen als Elektroden ausgebildet sind, die mit Gegenelektroden am Substrat und/oder Deckelchip so zusammenwirken, daß auch Beschleunigungen senkrecht zur Grundebene erfassbar sind.
5. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrosensoren (6) auf einem Chip angeordnet sind, welcher an dem jeweiligen Lagerteil (5) z. B. durch Kleben oder Einvulkanisieren befestigt ist.
6. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Energieversorgung und/oder die Signalübertragung beim rotierenden System mittels Telemetrie durch induktive Kopplung erfolgt und beim statischen System wahlweise Telemetrie oder Kabelübertragung eingesetzt ist.
7. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die induktive Kopplung durch Spulen (11) erfolgt.
8. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale aller an den Rädern angeordneten Sensoren ausgewertet werden.
9. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrosensoren (6) die Form eines Differentialkondensators aufweisen, die einem in Galvanik-/Additivtechnik hergestellten "spiralenförmigen Drehkondensator" ähnlich einer Uhrenmechanik entspricht und auftretende Torsionsbewegungen registrieren.
10. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf einem Chip zwei Interdigitalstrukturen vorgesehen sind, die jeweils parallel und senkrecht zur radial wirkenden Zentrifugalbeschleunigung angeordnet sind.
11. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei Interdigitalstrukturen senkrecht zur lateralen Bewegungsrichtung auslenkbar sind.
12. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zur lateralen Bewegungsrichtung senkrechte Auslenkung kapazitiv gegen zwei Gegenelektroden abgreifbar ist.
13. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswertung des Fahrzeugzustandes die Raddrehzahl, die Längsbeschleunigungen am drehenden und stehenden Teil, die Tangentialbeschleunigung

d. h. die Winkelbeschleunigung am rotierenden System, die Querbeschleunigungen und durch Vergleich der Längsbeschleunigung mit der Tangentialbeschleunigung indirekt der Schlupf erfaßt werden.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

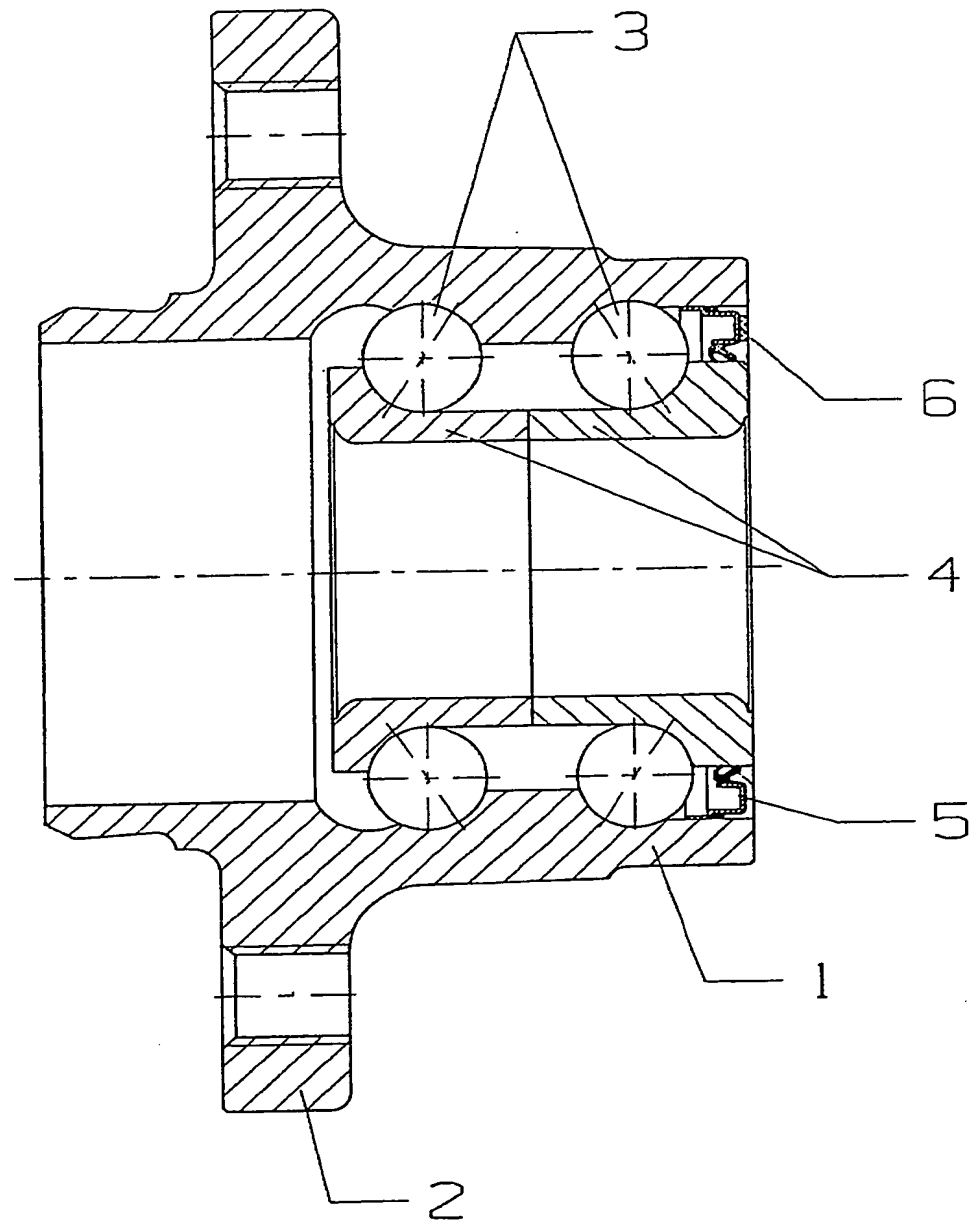


Fig.1

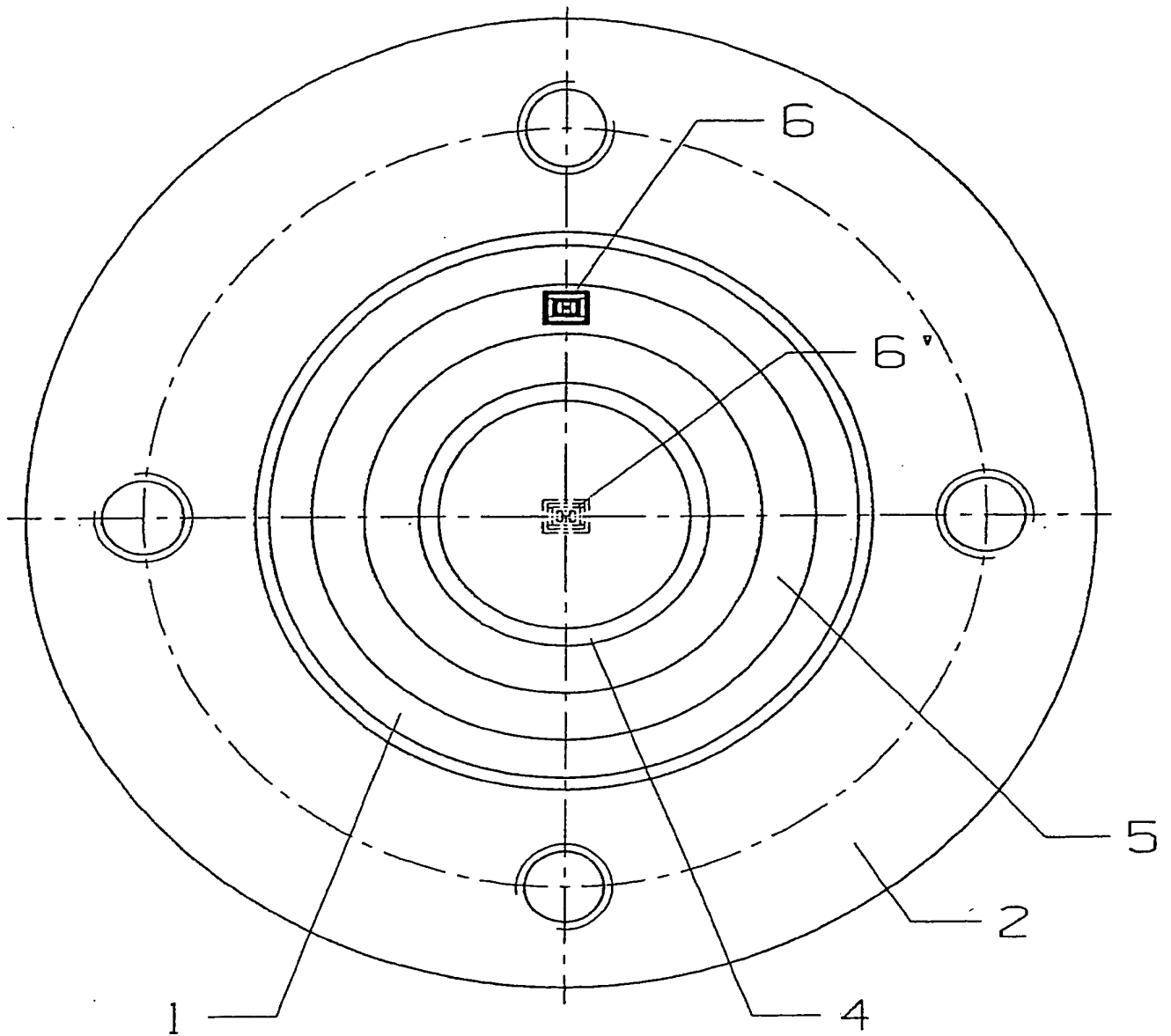


Fig.2

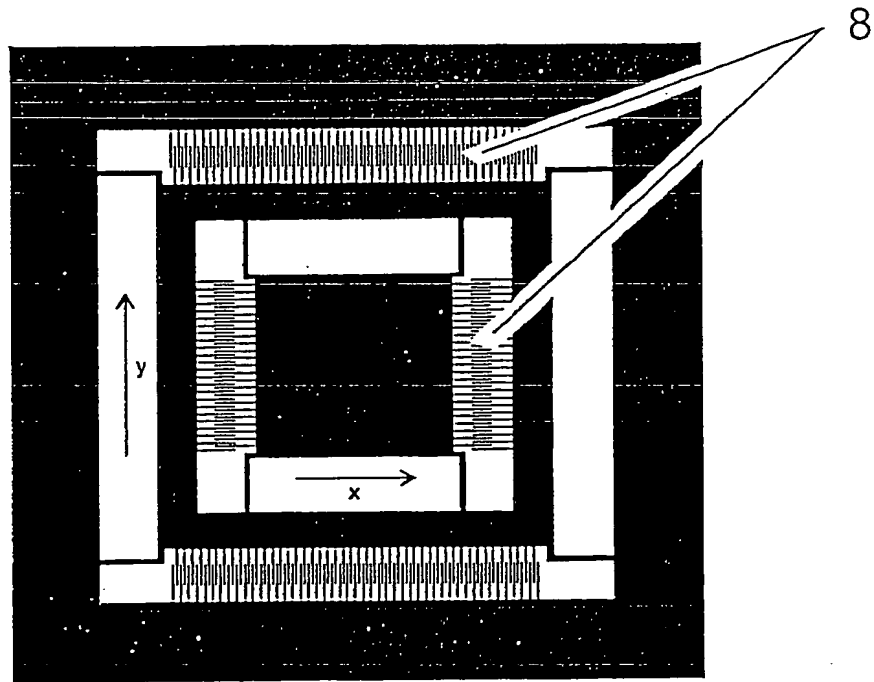


Fig. 3

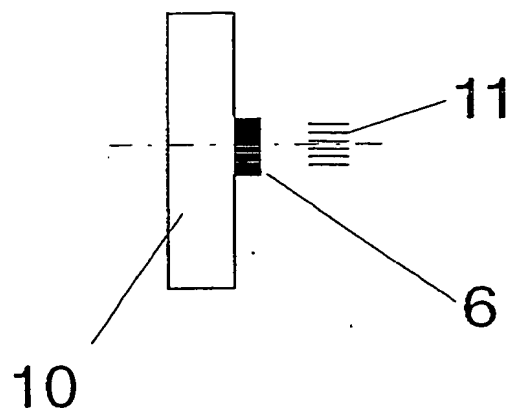


Fig. 4



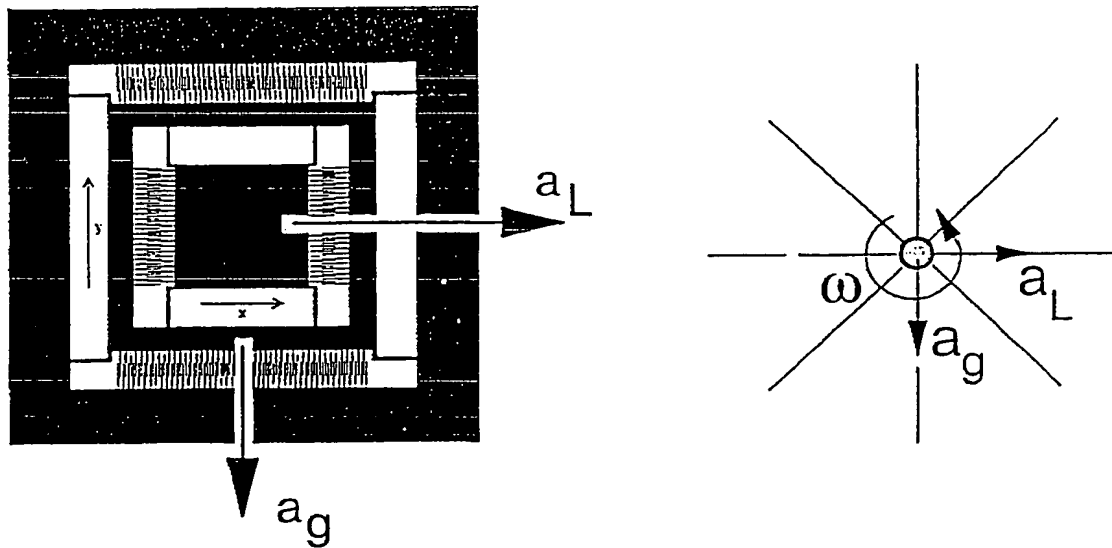


Fig. 5

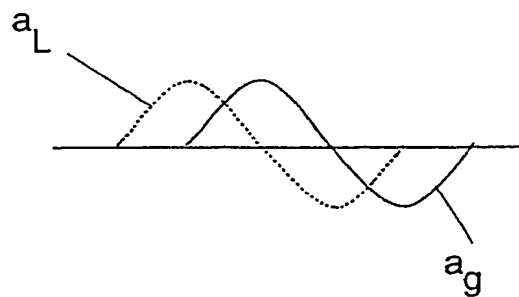


Fig. 6

- |                             |       |
|-----------------------------|-------|
| - Raddrehzahl (über $a_g$ ) | $n$   |
| - Längsbeschleunigung       | $a_L$ |
| - Erdbeschleunigung         | $g$   |

Fig. 7

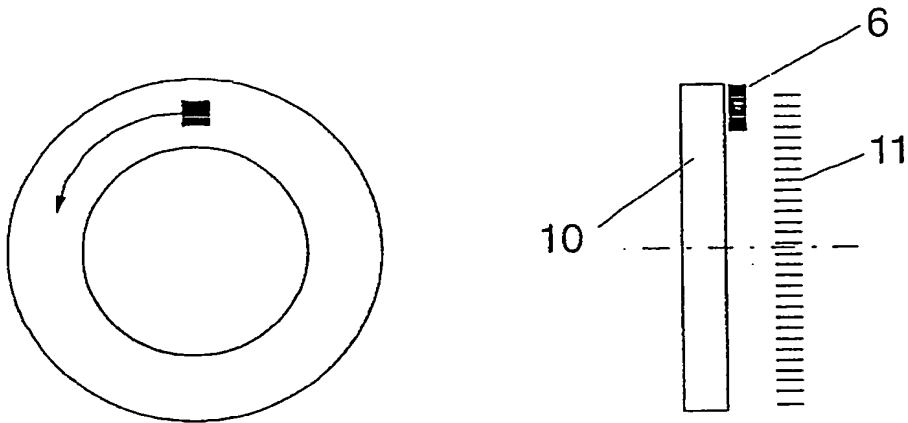


Fig. 8

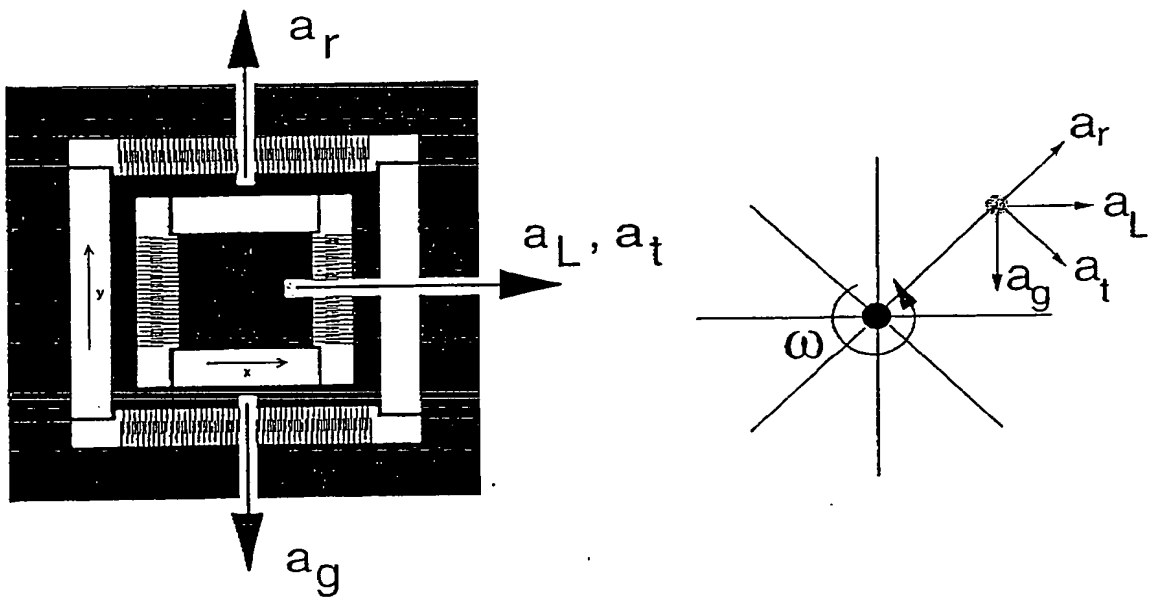
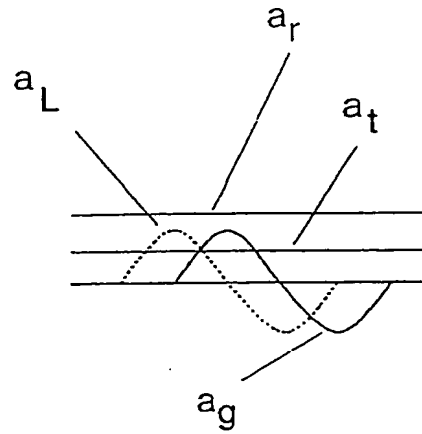


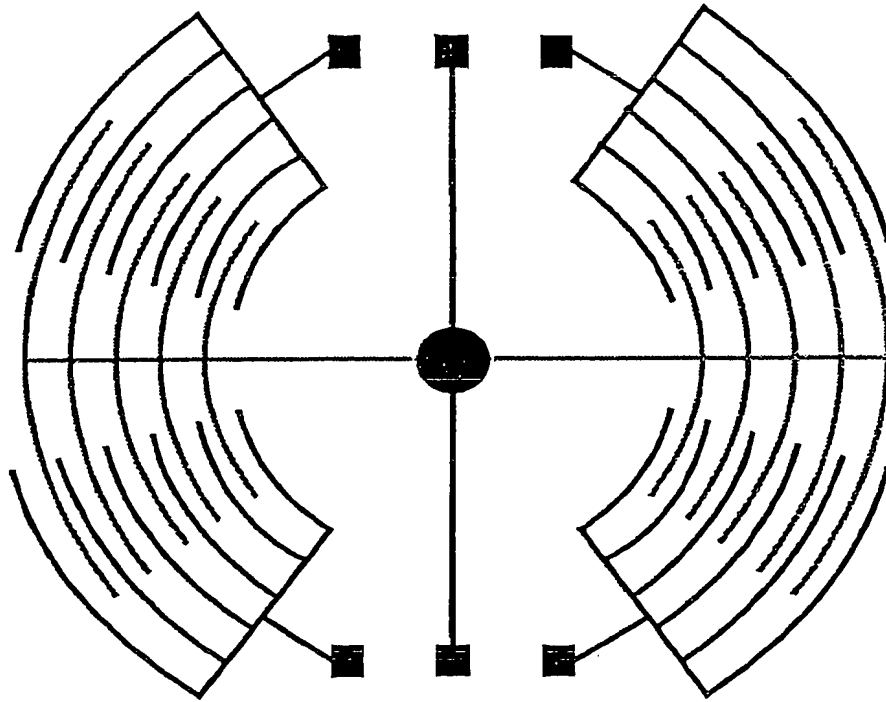
Fig. 9



**Fig. 10**

- Raddrehzahl (über  $a_r$ )  $n$
- Längsbeschleunigung  $a_L$
- Tangentialbeschleunigung  $a_t$
- Erdbeschleunigung  $g$

**Fig. 11**



**Fig. 12**